

蒋姣,赵思远,陈士亮,等.快速城市化地区景观格局演变及生态环境承载力评价——以南京市为例[J].江苏农业科学,2021,49(7):231-237.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.07.040

快速城市化地区景观格局演变及生态环境承载力评价 ——以南京市为例

蒋姣¹,赵思远¹,陈士亮²,徐丹¹,金思慧¹,陈菁¹,吴壮壮¹,高启贤¹

(1. 河海大学农业科学与工程学院,江苏南京 210098; 2. 江苏省淮安市洪金灌区管理所,江苏淮安 223126)

摘要:研究快速城市化地区的景观格局演变及生态环境承载力,对其实现可持续发展具有重大意义。以江苏省南京市为例,基于2010、2015、2018年3期土地利用数据,揭示土地利用的时空变化及景观格局演变特征;利用耦合主成分分析法和云模型对生态环境承载力进行评价;同时,分析土地利用变化特征对景观格局和生态环境的影响。结果表明:(1)南京市2015—2018年土地利用变化较2010—2015年明显,以建设用地对耕地的占用、水域对耕地面积的补给为主。其中,建设用地扩张集中于浦口区东部,水域面积减少主要位于高淳区西部。(2)受土地利用变化影响,景观格局呈现出相应演变特征。相较于2010—2015年,区域景观结构在2015—2018年的变化幅度更大。(3)2010—2018年南京市的生态环境承载力隶属于中级承载水平且随时间推移略有提升,这与南京市重视耕地资源保护、促进城市绿地建设息息相关,但人口压力与空气质量改善进度的相对滞后使得资源问题和大气污染成为生态环境压力的主要来源。

关键词:景观格局演变;生态环境承载力;主成分分析-云模型;南京市

中图分类号: F301.2;P901;X144 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)07-0231-06

城市化是土地利用变化的影响因素之一,土地利用变化则是景观格局及生态环境变化的重要驱动力^[1]。各城市在不同的发展阶段,其土地利用变化特征及生态环境效应不同。目前,在不同区域进行土地利用变化驱动力^[2-3]、生态效应^[4]、区域景观格局演变^[5]等的研究已经较为广泛,但土地利用变化对景观格局及生态环境承载力影响的研究相对较少。此外,评价生态环境承载力的方法主要有主成分分析法^[6]、模糊综合评价法^[7]、TOPSIS法^[8]等,但这些传统的评价方法无法兼顾评价指标量化、评价等级划分的模糊性和随机性。云模型^[9]作为一种定性定量的不确定性转换模型,可将评价等级的模糊性和随机性相结合,弥补上述传统评价方法的弊端。

南京市作为快速城市化地区,社会经济发展迅速,人口压力也随之增大,资源和生态环境问题日益显露。本研究在分析南京市土地利用时空变化

的基础上,利用景观指数阐明区域景观格局演变特征,耦合主成分分析法和云模型对生态环境承载力进行综合评价并揭示土地利用变化对景观格局和生态环境承载力的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

南京市位于江苏省西南部、长江下游,是中国东部地区重要的中心城市,地理坐标为31°14'~32°37'N,118°22'~119°14'E,属北亚热带湿润气候。南京市下辖11个市辖区,总面积6 587 km²,东西最大横距约70 km,南北最大纵距约150 km。2010年年末户籍总人口632.42万人,地区生产总值5 012.64亿元,城镇化率78.5%;2018年年末户籍总人口696.94万人,地区生产总值12 820.40亿元,城镇化率82.5%。随着社会经济的快速发展,南京市城市化水平不断提高,但城市规模的扩大、人口压力的增加,使得资源、生态环境问题等日益凸显,对可持续发展产生一定的影响。

1.2 数据来源与研究方法

1.2.1 数据来源及处理 本研究所需生态环境数据来源于南京统计年鉴(2010—2018年),30 m土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心。参考相关标准并结合实际情况,将土地分为

收稿日期:2020-12-15

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFC040320502);宁夏回族自治区重点研发计划(编号:2018BBF02022)。

作者简介:蒋姣(1995—),女,江苏无锡人,硕士研究生,主要从事水土资源规划与利用方面研究,E-mail:952485762@qq.com。

通信作者:陈菁,博士,教授,主要从事水土资源规划与管理。
E-mail:1476014491@qq.com。

耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 类。

1.2.2 研究方法

1.2.2.1 景观格局分析法 本研究采用景观指数分析景观格局并借助软件 Fragstats 4.2 计算相关指数。根据相关文献[10-12]并结合研究区域概况,选取斑块个数(NP)、最大斑块指数(LPI)、面积加权的平均形状指数(SHAPE_AM)、平均最邻近距离(ENN_MN)、香农多样性指数(SHDI)及修正 Simpson 均匀度指数(MSIEI)6 个指标,反映各景观类型异质性、破碎度、形状等。

1.2.2.2 主成分分析法 主成分分析法属于客观赋值法^[13-14],其主要步骤如下:

(1)为消除量纲的影响,将原始数据标准化得到数据矩阵 Z , 设生态环境承载力评价系列年为 n 年, 指标个数为 m , 则 $Z = (Z_{ij})_{n \times m} (i=1, 2, \dots, m)$ 。

(2)计算相关系数矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times m}$ 及其特征值 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, m)$, 每个特征值对应的特征向量为 $l_{pk} (k=1, 2, \dots, m)$ 。

(3)根据特征值大于 1 且累计方差贡献率大于 85% 确定主成分个数 a , 计算主成分得分 F_{ip} , 其公式如下:

$$F_{ip} = Z_{i1}l_{p1} + Z_{i2}l_{p2} + \dots + Z_{im}l_{pm}, i=1, 2, \dots, a. \quad (1)$$

(4)根据每个主成分的权重系数即该主成分的方差贡献率, 对前 a 个主成分进行加权求和, 计算综合指标得分 F_i , 其公式如下:

$$F_i = \sum_{p=1}^a \frac{\lambda_p}{\sum_{p=1}^m \lambda_p} F_{ip}. \quad (2)$$

1.2.2.3 云模型

1.2.2.3.1 云模型原理 本研究采用正态云模型, 其数字特征可以用期望值 E_x 、熵 E_n 和超熵 H_e 来表示^[15]。生态环境承载力评价是定性到定量的转换, 故采用正向云发生器, 产生云滴的主要步骤如下: 产生 1 个均值为 E_n 、标准差为 H_e 的正态随机数 E_n' ; 产生 1 个均值为 E_x 、标准差为 E_n 的正态随机数 x_i ; x_i 对定性概念的确定度 $\mu = e^{-\frac{(x_i - E_x)^2}{2(E_n')^2}}$; 重复上述步骤 N 次, 可产生要求的 N 个云滴。

1.2.2.3.2 参数计算 设 a_1 、 a_2 分别为生态环境承载力评价指标各等级区间的上、下临界值, 则均值 E_x 计算公式如下:

$$E_x = \frac{a_1 + a_2}{2}. \quad (3)$$

各评价指标的等级区间边界值应隶属于 2 个级别并且数值相等, 即

$$e^{-\frac{(a_1 - a_2)^2}{8(E_n')^2}} \approx 0.5. \quad (4)$$

则熵 E_n 计算公式如下:

$$E_n = \frac{|a_1 - a_2|}{2.355}. \quad (5)$$

超熵 H_e 可结合熵 E_n 的大小, 根据经验及试验取值。

1.2.2.3.3 模型构建 确定生态环境承载力的指标等级划分标准后, 计算各指标对应的每个等级的云模型数字特征, 得到各指标对各等级的隶属度, 再结合各指标权重得到各等级下的综合隶属度。用熵权法确定各指标权重, 综合隶属度公式如下:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n \omega_i \mu_{ij}. \quad (6)$$

式中: Q_j 为评价对象关于第 j 等级的隶属度; ω_i 为第 i 个指标的权重; μ_{ij} 为第 i 个指标对第 j 等级的隶属度。

本研究采用等级特征值 Q 量化评定结果, 进而确定生态环境承载力等级, 其计算公式如下:

$$Q = \frac{\sum_{j=1}^r j Q_j}{\sum_{j=1}^r Q_j}. \quad (7)$$

式中: r 为评价等级总数。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化

南京市 2010、2015、2018 年 3 期土地利用类型见图 1, 各土地利用类型面积及对应比率见图 2。结合图 1 和图 2 可知: 从时间上看, 2010—2018 年, 耕地、林地、草地、未利用地的面积变化较小且稳定; 水域面积在 2010—2015 年基本无变化, 在 2015—2018 年呈急剧减少趋势, 减少面积近 130 km²; 建设用地面积在 2010—2015 年略有增加, 在 2015—2018 年急剧增加, 涨幅高达 2.10%。从空间上看, 建设用地的扩张集中在浦口区的东部, 主要是对耕地的占用; 水域面积的减少集中在高淳区的西部, 主要转化为耕地。

2010—2015 年、2015—2018 年的土地利用转移矩阵见表 1。2015—2018 年各土地利用类型的相互转化较 2010—2015 年明显, 主要是建设用地、耕地、水域面积的转移。林地、草地、未利用地的转入、转出面积均较小, 耕地的转出主要是建设用地, 转入

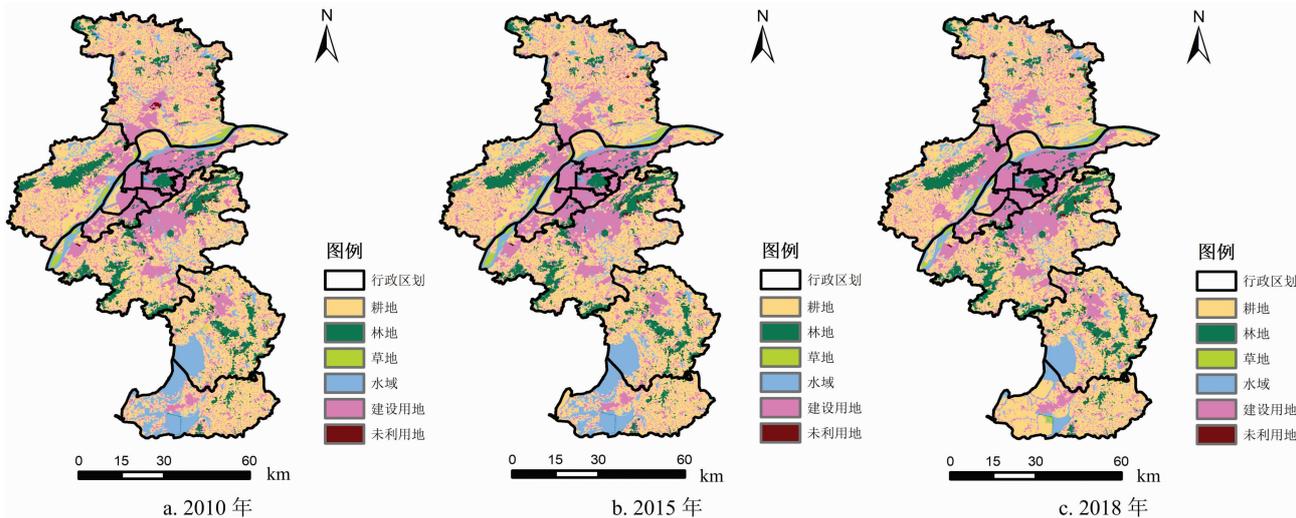


图1 2010—2018年南京市土地利用类型变化

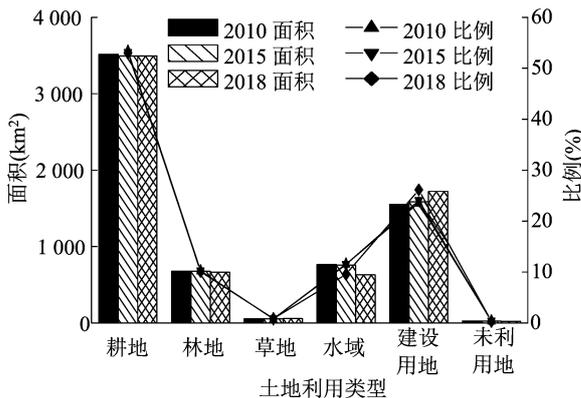


图2 2010—2018年南京市不同土地利用类型面积及比例

表1 2010—2018年南京市各土地利用类型转移矩阵

2010年土地利用类型	2015年土地利用类型(km ²)					
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
耕地	3 415	9	0	12	78	0
林地	10	658	0	1	5	1
草地	0	0	53	2	0	0
水域	17	2	1	738	5	0
建设用地	49	5	0	4	1 494	1
未利用地	4	1	0	0	1	21

2015年土地利用类型	2018年土地利用类型(km ²)					
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
耕地	3 304	8	0	23	160	0
林地	9	650	0	1	13	2
草地	5	0	45	3	1	0
水域	136	1	10	597	13	0
建设用地	41	5	0	5	1 532	0
未利用地	0	1	2	0	2	18

来源主要是水域和建设用地。2010—2015年,耕地转化为建设用地的面积为78 km²,由建设用地转为耕地的面积为49 km²,2种类型土地的总面积变化较小;2015—2018年,耕地主要转出为建设用地,转入来源主要是水域,最终建设用地面积增加,水域面积减少,耕地面积变化不大。

2015—2018年土地利用变化较2010—2015年明显,主要表现为建设用地对耕地的占用及水域对耕地面积的补给,耕地在2种类型土地的占补下,面积保持稳定。2015年以来,南京市不断完善耕地保护补贴工作,建立长效激励机制,落实耕地保护任务。说明南京市在城市化过程中建设用地扩张,但重视耕地的保护,努力协调城市化与耕地保护的矛盾,实现土地资源的可持续利用。

2.2 景观格局变化

2010—2018年南京市各类型水平及景观水平上的各景观指数变化见图3。从整体上看,相较于2010—2015年,2015—2018年各景观指数的变化幅

度更大。

类型水平上,2010—2018年间,各类型景观斑块个数变化不大,建设用地的斑块数量最多,破碎度最大。耕地的最大斑块指数相对较大,但在2015—2018年指数急剧减少,说明耕地有较大斑块且分布集中,但受人为活动影响,物种多样性减少。从面积加权的形状指数可以看出,耕地、水域景观的形状最不规则,受人为干扰大,但2015—2018年耕地形状略趋于规则。根据平均最近邻距离可知,草地、未利用地分布较离散。

景观水平上,2010—2018年间,斑块数量逐渐减少,最大斑块指数降低,说明区域的景观破碎度

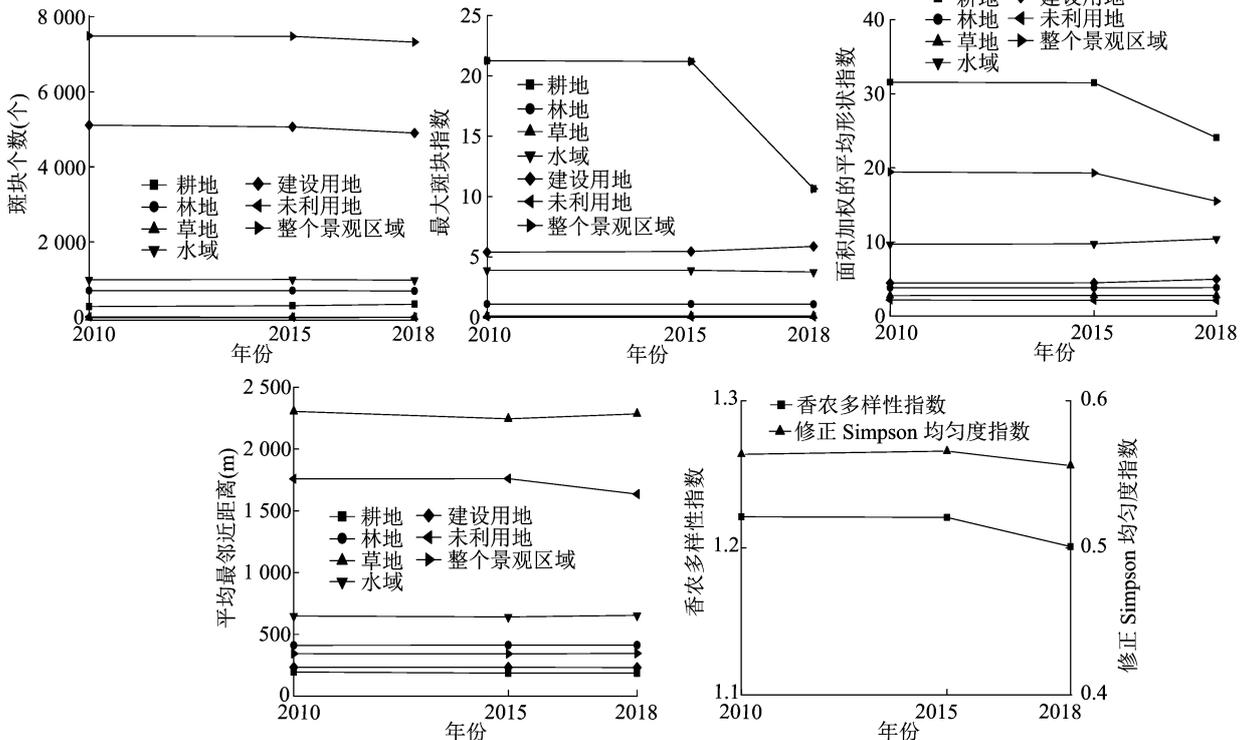


图3 2010—2018年南京市土地利用类型水平及景观水平上的各景观指数变化

有所降低但物种多样性减少;面积加权的平均形状指数在2010—2015年略有下降后在2015—2018年急剧下降,说明景观形状趋于规则;平均最近邻距离变化不明显,景观离散程度变化稳定;区域的香农多样性指数和修正 Simpson 均匀度指数不高且变化较小,说明景观斑块间差异较大。

区域的景观格局受土地利用变化的影响,呈现出相应的演变特征。景观结构在2010—2015年间变化较稳定,在2015—2018年间变化幅度较大,与土地利用在时间上的变化一致。建设用地的破碎度最大,耕地、水域受人为活动影响较大且2015—2018年耕地形状趋于规则,这与建设用地的扩张、水域面积的减少、耕地受到建设用地的占用与水域的补给息息相关。

2.3 生态环境承载力评价

2.3.1 指标体系构建 结合南京市实际情况,构建生态环境承载力评价指标见表2。

2.3.2 主成分分析结果 根据特征值根大于1原则筛选出3项主成分,累计贡献率达93.60%,计算各主成分得分及综合得分见表3。

从表3可知,2010—2018年间,南京市的生态环境承载力综合得分整体上呈增加趋势,其中2018年的得分最高,2010年的得分最低,说明承载力水

表2 生态环境承载力评价指标体系构建

目标层	准则层	指标层
生态环境承载力	资源	C ₁ :人均耕地面积(m ² /人)
		C ₂ :人均水资源量(m ³ /人)
		C ₃ :人均生活日用水量[L/(人·d)]
生态		C ₄ :森林覆盖率(%)
		C ₅ :人均公园绿地面积(m ² /人)
		C ₆ :建成区绿化覆盖率(%)
环境		C ₇ :污水处理率(%)
		C ₈ :可吸入颗粒物浓度年均值(mg/m ³)
		C ₉ :二氧化硫浓度年均值(mg/m ³)
		C ₁₀ :二氧化氮浓度年均值(mg/m ³)

平呈逐渐提升趋势,2018年承载力水平最高,2010年相对较低。城市化进程中,南京市不断推动经济向绿色低碳和可持续发展转型,促进产业升级,优化产业布局与城市空间功能布局,促进能源资源节约集约和高效利用,深入实施“绿色南京”战略,改善生态空间结构,提升生态功能,取得了可观的效果。

2.3.3 云模型评价结果 生态环境承载力各评价指标的分级标准以南京市的实际情况为基础,参考研究区域、全国及世界平均水平并结合国家标准如环境空气质量等,同时借鉴其他学者研究成果进行确定^[9,15-16]。本研究将承载力划分为弱承载(I)、

表 3 各主成分得分及综合得分

年份	主成分 Y ₁	主成分 Y ₂	主成分 Y ₃	综合得分
2010	-2.720	-0.893	-2.513	-0.213
2011	-1.236	-0.075	-0.724	-0.082
2012	-1.793	0.273	0.036	-0.091
2013	-2.354	1.424	1.511	-0.070
2014	-0.981	0.461	1.473	-0.016
2015	0.880	-0.487	1.111	0.058
2016	1.866	-1.790	-0.141	0.062
2017	2.687	-1.620	0.649	0.125
2018	3.651	2.707	-1.403	0.228

低承载(Ⅱ)、中级承载(Ⅲ)、较高承载(Ⅳ)和高承载(Ⅴ)5个等级,其中高承载(Ⅴ)为表示生态环境质量高,可稳定保证社会经济的可持续发展,弱承载(Ⅰ)则与之相反。根据评价指标体系和分级标准计算云模型特征参数见表4,利用正向云发生器生成各指标对应各评价等级的正态云图,以指标C₆(建成区绿化覆盖率)为例的云图见图4。

基于建立的各指标的云模型以及南京市2010—2018年各指标的实际数据,计算各指标对于各等级的隶属度,并结合指标权重计算综合隶属度和等级特征值,确定南京市2010—2018年的生态环

表 4 生态环境承载力各评价等级正态云特征值

指标	各承载力评价等级的云数字特征														
	弱承载(Ⅰ)			低承载(Ⅱ)			中级承载(Ⅲ)			较高承载(Ⅳ)			高承载(Ⅴ)		
	E _x	E _n	H _e	E _x	E _n	H _e	E _x	E _n	H _e	E _x	E _n	H _e	E _x	E _n	H _e
C ₁	150.00	127.289	0.001	415.00	97.665	0.001	635.00	89.172	0.001	845.00	89.172	0.001	950.00	89.172	0.001
C ₂	175.00	148.620	5.00	600.00	212.314	5.00	1175.00	276.008	5.00	2250	636.943	5.000	3000	636.943	5.00
C ₃	360.00	25.478	0.50	330.00	25.478	0.50	240.00	50.955	0.50	120.00	50.955	0.50	30.00	25.478	0.50
C ₄	2.50	2.123	0.05	7.50	2.123	0.05	15.00	4.246	0.05	30.00	8.493	0.05	40.00	8.493	0.05
C ₅	4.00	3.397	0.05	11.50	2.972	0.05	17.50	2.123	0.05	22.50	2.123	0.05	25.00	2.123	0.05
C ₆	5.00	4.246	0.05	15.00	4.246	0.05	25.00	4.246	0.05	35.00	4.246	0.05	40.00	4.246	0.05
C ₇	30.00	25.478	0.10	67.50	6.369	0.10	80.00	4.246	0.10	90.00	4.246	0.10	95.00	4.246	0.10
C ₈	0.10	0.013	0.000 1	0.085	0.013	0.000 1	0.055	0.013	0.000 1	0.035	0.004	0.000 1	0.015	0.013	0.000 1
C ₉	0.07	0.004	0.000 1	0.065	0.004	0.000 1	0.04	0.017	0.000 1	0.015	0.004	0.000 1	0.005	0.004	0.000 1
C ₁₀	0.06	0.008	0.000 1	0.05	0.008	0.000 1	0.035	0.008	0.000 1	0.025	0.004	0.000 1	0.01	0.008	0.000 1

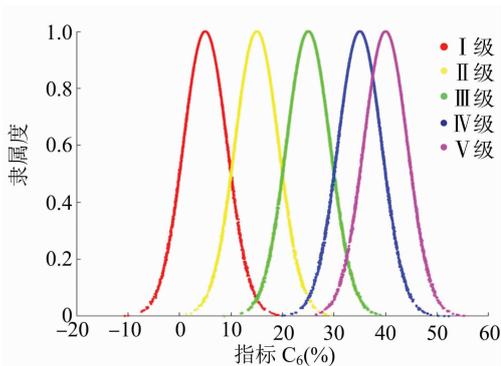


图4 C₆指标属于各评价等级的云模型

表 5 熵权法确定各指标权重

指标	权重
C ₁	0.066
C ₂	0.147
C ₃	0.117
C ₄	0.111
C ₅	0.097
C ₆	0.125
C ₇	0.043
C ₈	0.069
C ₉	0.137
C ₁₀	0.088

境承载力评价等级。采用熵权法确定各指标权重见表5,评价结果见图5。

从综合评价结果看,南京市2010—2018年的生态环境承载力均隶属于中级承载水平,但综合评价等级主要隶属于Ⅱ级、Ⅲ级,说明南京市近年来的生态环境承载力较稳定,生态环境的治理与社会经济的发展比较协调,但也需更加重视生态环境的保护。从系列年评价结果看,2010—2018年南京市的

生态环境承载力评价等级特征值整体呈现增长趋势,说明承载力水平略有提升,但2010—2012、2015、2017年隶属于低承载(Ⅱ级)的隶属度较大,根据指标实际数据分析,这5年的人均耕地面积、人均水资源量、可吸入颗粒物浓度年均值、二氧化氮浓度年均值指标等级较低,说明这5年的资源问题、

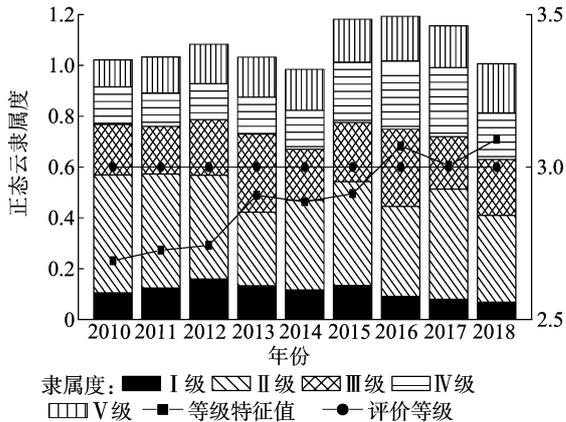


图5 2010—2018年南京市生态环境承载力云模型评价结果

空气污染问题较为突出。从指标的评价结果看,人均耕地面积、人均水资源量、人均生活日用水量、人均公园绿地面积、可吸入颗粒物浓度年均值、二氧化氮浓度年均值指标等级都偏低,说明资源问题和空气污染使生态环境承载的压力较大。南京市作为快速城市化的地区,人口压力较大,同时空气质量改善进度相对滞后,使得大气污染防治形势较严峻。

南京市在建设用地的同时不断促进城市绿地建设、改善水环境,此外,南京市重视耕地与森林的保护,2010—2018年耕地、林地总面积变化较小且稳定。这在一定程度上对生态环境产生重要影响,使得生态环境承载力水平维持在中级承载(Ⅲ级)水平,且随着时间的推移呈现提升趋势。南京市作为快速城市化地区,人口压力较大,虽然耕地、林地总面积稳定但人均资源不足,与此同时,水域面积的减少更是导致资源问题成为生态环境压力的主要来源之一。

2.3.4 主成分分析-云模型结果分析 耦合主成分分析-云模型可知,二者所得评价结果基本一致。根据主成分分析结果,2010—2018年南京市生态环境承载力的综合得分除2012年相对偏低外,整体上表现为逐渐增加趋势;在云模型评价结果中,承载力均隶属于中级承载,等级特征值除2014、2017年相对偏低外,整体呈增长趋势,承载力水平随时间推移略有提升。此外,在主成分分析结果中,2018年的综合得分最高,2010年的得分最低;相应的云模型评价结果显示2018年的等级特征值最高,2010年最低,均说明2018年的生态环境承载力最高,2010年相对最低。通过主成分分析可比较出系列年的生态环境承载力高低,云模型则可在反映系列年承载力高低的同时评价出承载力等级,且主成分分析结果在一定程度上可

为云模型的评价结果提供检验与支撑。

3 结论

本研究将土地利用与景观格局演变、生态环境承载力相结合,揭示了土地利用变化对生态环境的影响,同时利用耦合主成分分析和云模型对生态环境承载力进行评价,结论如下:

2010—2018年,南京市林地、草地、未利用地的面积变化较小,转移面积也较少。2015—2018年土地利用变化较2010—2015年明显,变化以建设用地对耕地的占用、水域对耕地面积的补给为主。其中,建设用地的扩张集中于浦口区东部,水域面积的减少主要位于高淳区西部。快速城市化过程中,南京市的建设用地扩张需求增大,但重视对耕地的保护。

受土地利用变化的影响,区域的景观格局呈现出相应的演变特征。与土地利用在时间上的变化一致,景观结构在2015—2018年间的变化较2010—2015年间明显。耕地受人为活动影响较大且2015—2018年耕地形状趋于规则,与耕地受到建设用地的占用与水域的补给息息相关。

南京市2010—2018年的生态环境承载力均隶属于中级承载水平,且随时间推移承载力水平呈现提升趋势。近年来,南京市分批实施绿线划定工作,促进城市绿地建设保护、营造城市生态景观,提升生态文明建设水平;坚持贯彻落实清水行动,切实改善水环境;同时重视耕地资源的保护,都在很大程度上维持且改善了生态环境质量。但南京市作为快速城市化的地区,人口压力较大,人均资源的不足加上空气质量改善进度相对滞后使得资源问题和空气污染成为生态环境压力的主要来源。

研究土地利用变化对景观格局、生态环境承载力的影响可为土地利用的规划、生态格局的改善、生态环境的保护提供理论依据。此外,主成分分析-云模型可在分析生态环境承载力高低的同时评价出其等级,结果较合理可靠,可应用于其他研究区域。同时,研究系列年的生态环境承载力,在一定程度上可预测研究区域未来的承载力变化趋势。

参考文献:

- [1]李睿,王志泰,包玉.快速城市化背景下黔中多山城市扩展模式及景观格局动态——以安顺市为例[J].水土保持研究,2020,27(4):376-384,391.
- [2]陈磊,孙佳新,姜海,等.南京市土地利用结构时空格局及驱动因素[J].水土保持研究,2020,27(1):197-206.

刘程军,王周元晔,严淑闻,等. 我国猪肉及其主要替代品价格波动的关联性[J]. 江苏农业科学,2021,49(7):237-243.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.07.041

我国猪肉及其主要替代品价格波动的关联性

刘程军^{1,2}, 王周元晔², 严淑闻², 王文婷², 蒋建华^{1,2}

(1. 浙江工业大学之江学院,浙江绍兴 312030; 2. 浙江工业大学管理学院,浙江杭州 310032)

摘要:选取2009年1月至2018年12月的猪肉、牛肉、羊肉和活鸡的集贸市场月度价格数据,运用格兰杰因果关系检验、VAR模型和脉冲响应等方法,分析我国猪肉及其主要替代品价格波动的关联性。结果表明:(1)研究期间我国牛肉价格与羊肉价格的上涨幅度较大,猪肉价格波动最为剧烈,而鸡肉价格的波动曲线则更为平缓。(2)从传导机制上看,猪肉市场价格更易受牛肉市场价格波动的影响,牛肉价格和羊肉价格互为彼此价格波动的重要影响因素,而鸡肉价格与猪肉价格之间的关联性相对较弱。(3)牛肉价格对其他3种肉类价格的溢出效应最为明显,随后依次为猪肉、羊肉和鸡肉价格。建议加强保供稳价宏观调控、建立肉类价格预警机制、保障肉类市场供给稳定。

关键词:猪肉;替代品;价格波动;VAR模型;关联性

中图分类号:F323.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)07-0237-07

近年来,随着我国城乡居民人均收入的稳定提升以及畜产品供给量的增加,居民人均畜产品消费量也有了明显增长。目前,我国已经成为世界上最

大的猪肉、牛肉、羊肉和家禽消费国,根据中国产业信息网数据显示,2014—2019年,我国肉类平均消费8 805万t,约占全球肉类贸易总量的1/4。然而,我国畜禽产业的发展容易受到动物疫病等灾害的影响,从而导致畜禽肉类价格发生突发性的暴涨或暴跌^[1],如何稳定肉价一直是亟待解决的难题。2019年国内猪肉市场因受到非洲猪瘟的冲击,猪肉的供需缺口持续扩大,导致猪肉价格不断攀升并突破历史新高。在这种情况下,鸡肉等替代品肉类的需求量大幅增加,价格也随之上涨。虽然随着疫情逐渐得到控制,肉类市场的价格略有回调,但仍然

收稿日期:2020-07-21

基金项目:浙江省哲学社会科学规划课题(编号:20NDQN257YB、18NDJC215YB);浙江省自然科学基金(编号:LQ19G030011、LY19G030023);国家自然科学基金(编号:71874160、71774145);浙江省教育厅科研项目(编号:GZ18571070010);浙江省新苗人才计划(编号:2018R403040)。

作者简介:刘程军(1987—),男,湖南邵阳人,博士,讲师,主要从事农业经济与区域发展研究。E-mail:lcjun01@163.com。

[3]刘康,李月娥,吴群,等. 基于Probit回归模型的经济发达地区土地利用变化驱动力分析——以南京市为例[J]. 应用生态学报,2015,26(7):2131-2138.

[4]叶晶萍,刘士余,盛菲,等. 寻乌水流域景观格局演变及其生态环境效应[J]. 生态学报,2020,40(14):4737-4748.

[5]陈玲玲,曹杨,易琳,等. 城市旅游地景观格局演变与优化研究——以南京为例[J]. 长江流域资源与环境,2016,25(7):1024-1033.

[6]赵德芳. 基于生态文明视角下西安市生态承载力评价分析研究[J]. 环境科学与管理,2018,43(3):143-147.

[7]吕雪松,杨红. 大金山岛生态承载力评价[J]. 上海海洋大学学报,2016,25(5):767-774.

[8]顾家明,胡卫卫,田素妍. 基于DPSIR-TOPSIS模型的江苏省生态承载力评价及障碍因素诊断[J]. 水土保持通报,2019,39(2):246-252.

[9]蒋汝成,顾世祥. 熵权法-正态云模型在云南省水生态承载力评价中的应用[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(3):118-123.

[10]耿焕侠,张小林,李红波. 县域农村居民点景观格局指数的空间

粒度效应——以江苏省丰县为例[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(10):1418-1424.

[11]龚建周,夏北成. 景观格局指数间相关关系对植被覆盖度等级分类数的响应[J]. 生态学报,2007,27(10):4075-4085.

[12]王艳芳,沈永明,陈寿军,等. 景观格局指数相关性的幅度效应[J]. 生态学报,2012,31(8):2091-2097.

[13]Zhao S Y, Chen J, Jin Q, et al. Improved principal Component - Fuzzy comprehensive assessment coupling model for urban river water quality: a case study in Chongqing, China[J]. Water, 2020, 12(5):1375.

[14]解雪,陈军锋,郑秀清,等. 基于主成分分析和粒子群算法优化支持向量机的冻融土壤蒸发预报模型[J]. 节水灌溉,2020(1):61-65,72.

[15]孙雅茹,董增川,徐瑶,等. 基于云模型的城市水安全评价[J]. 人民黄河,2019,41(8):52-56,67.

[16]许玲燕,杜建国,刘高峰. 基于云模型的太湖流域农村水生态环境承载力动态变化特征分析——以太湖流域镇江区域为例[J]. 长江流域资源与环境,2017,26(3):445-453.